



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ANALÝZA SOUČASNÝCH TECHNOLOGIÍ UPICHOVÁNÍ A ZAPICHOVÁNÍ

ANALYSIS OF MODERN TECHNOLOGIES FOR PARTING AND RECESSING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Jakub Švihálek

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jakub Švihálek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Analýza současných technologií upichování a zapichování

v anglickém jazyce:

Analysis of modern technologies for parting and recessing

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Analýza současných technologií upichování a zapichování, řezných materiálů, tvarů břitových destiček, řezných podmínek a dosahované kvality a produktivity.

Cíle bakalářské práce:

1. Úvod
2. Analýza současných technologií upichování a zapichování
3. Řezné materiály pro upichování a zapichování
4. Moderní tvary a geometrie břitových destiček
5. Dosahované kvalita opracování a produktivita zapichování a upichování.
6. Závěry

Seznam odborné literatury:

1. SHAW, M.C. Metal Cutting Principles. Oxford University Press, 2nd ed., 2005, pp. 651, ISBN 0-19-514206-3
2. REID, D.T. Fundamentals of Tool Design. 3rd ed., 7th printing, 1991, SME, Dearborn, pp.755, ISBN 0-87263-412-4.
3. DAVIS, J.R. Tool Materials. ASM Specialty Handbook. ASM International, Materials Park, Ohio, 1998, 2nd. ed., pp. 501, ISBN: 0-8170-545-1.
4. DUDZINSKI, D., SCHULTY, H. Metal Cutting and High Speed Machining. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2001, 1st. ed., pp. 490, ISBN 0-306-46725-9.
5. SPITLER, D.: Fundamentals of Tool Design. SME, Dearborn, Michigan, 2003, 5th ed., pp.404, ISBN: 1-800-733-4763.
6. McMAHON, CH., BROWNE, J. CAD/CAM. Principles, Practice, and Manufacturing Management. Pearson Education Ltd., Edinburgh, 2nd ed.,pp.665, ISBN 0-201-17819-2.
7. TRENT, E.M., WRIGHT, P.K. Metal Cutting. Fourth Edition. Butterworth-Heinemann. Boston, Oxford, Auckland, Johannesburg, Melbourne, New Delhi, 2000. pp. 446. ISBN 0-7506-7069-X.
8. <http://www.iscar.cz/index.aspx/countryid/6>
9. http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/news/press_releases/pages/corocut-qd.aspx
10. http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/pdf/metalworking_products_061/tech_b_3.pdf

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 21.11.2014

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Klíčová slova

Zapichování, upichování, řezné materiály, tvary výměnných břitových destiček

ABSTRACT

Bachelor is focused on analysis technologies parting and grooving modern shapes cutting inserts for these applications, used cutting materials, productivity and quality of the machined surface achieved with these technologies.

Keywords

Parting, grooving, cutting materials, shapes of cutting inserts

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠVIHÁLEK, J. *Analýza současných technologií upichování a zapichování*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 30 s., 3 přílohy. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Miroslav Piška, CSc..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma ANALÝZA SOUČASNÝCH TECHNOLOGIÍ UPICHOVÁNÍ A ZAPICHOVÁNÍ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Jakub Švihálek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu prof. Ing. Miroslavu Piškovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
1 Upichování a zapichování.....	9
1.1 Upichování.....	9
1.2 Zapichování	9
1.3 Základní vztahy.....	10
1.3.1 Základní kinematika	10
1.3.2 Průřez třísky a jeho rozměry	11
1.3.3 Řezné síly.....	11
1.3.4 Práce a řezný výkon.....	12
2 Zapichovací a upichovací výměně břitové destičky	14
2.1 Geometrie VBD	14
2.1. 2 Základní plochy VBD	14
2.1.3 Nástrojové úhly.....	14
2.2 Geometrie Wiper.....	15
2.3 Systémy upínání VBD	15
2.4 Lamače třísek	16
2.5 Tvary VBD	17
3 Řezné materiály pro upichování zapichování	20
3.1 Slinuté karbidy	20
3.2 Cermety.....	20
3.3 Řezná keramika.....	21
3.4 Super tvrdé řezné materiály	21
4 Produktivita.....	22
4.1 Kvalita opracování povrchu.....	23
5 Závěr	25
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	26
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	28
SEZNAM PŘÍLOH.....	30

ÚVOD

Mezi důležité metody strojírenské technologie patří technologie obrábění. Metoda je založena na vniknutí řezného klínu do obráběného materiálu, kde dochází k jeho dělení ve formě třísky. Obrábění můžeme rozdělit na několik druhů technologií např.: soustružení, frézování, broušení, vrtání, obrážení, lapování atd.

K důležitým operacím u soustružení patří upichování a zapichování, kde nástroj se pohybuje v radiálním směru do středu obrobku, nástroj koná vedlejší pohyb, obrobek hlavní. Zapichování může být vnitřní, vnější a čelní.

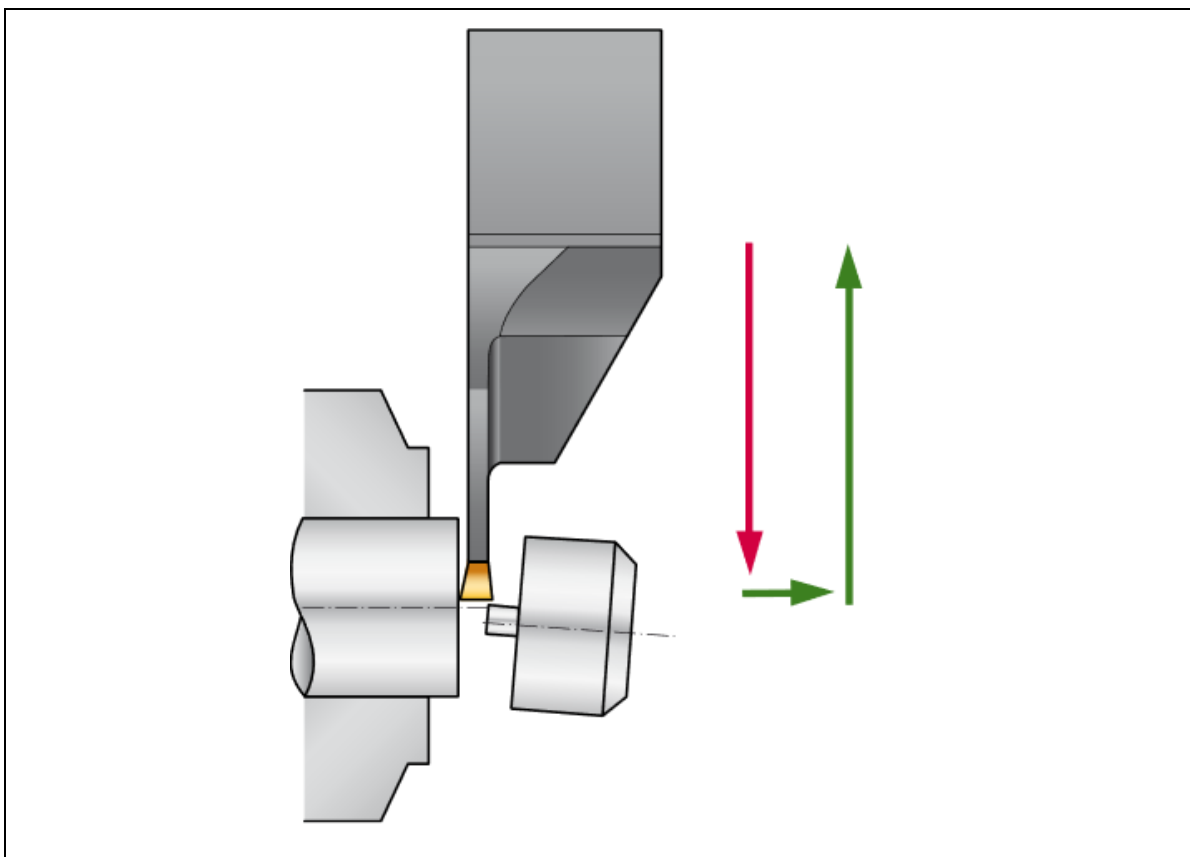
Zápichy se používají k oddělování ploch na polotovaru, pro správné uložení na součásti při montáži, jako mazací drážky a k výrobě drážek pro pojistné kroužky.

Upichování a zapichování má širokou škálu použití, proto je vyvíjena neustálá snaha vylepšovat technologii, tvar břitových destiček tak, aby kvalita opracování a produktivita byly co nejlepší.

1 UPICHOVÁNÍ A ZAPICHOVÁNÍ

1.1 Upichování

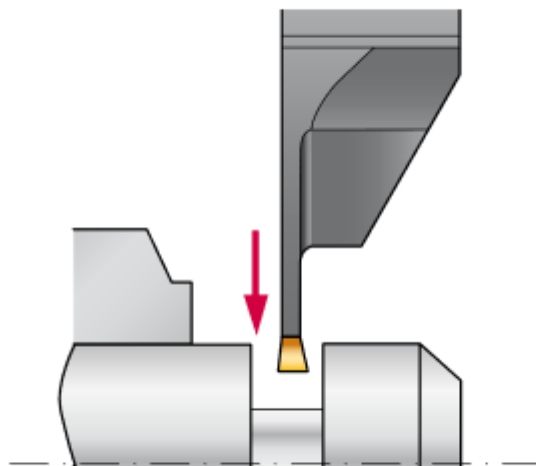
Upichování je metoda soustružení, při které nástroj koná posuvný pohyb směrem do středu obrobku, který rotuje. Směrem k ose obrobku řezná rychlost klesá až na nulu. Obrobek vlivem radiální složky řezné síly se odlomí dříve, než nástroj dokončí upíchnutí. Ve středu obrobku tak zůstává výstupek tvaru čepu. Výstupek vznikne pokaždé, ale je možné úpravou geometrie břitu, změnou posuvu, nebo také podepřením oddělované části obrobku jej zmenšit [1].



Obr. 1.1 Shématické znázornění upichování [2].

1.2 Zapichování

Zapichování je operace, která je v podstatě přerušené upichování. Odpadají zde problémy, které vznikají při poslední fázi upichování, je zde však nutno soustředit se na tolerance rozměrů hloubky a šířky zápichu a na jakost obrobené plochy [1].



Obr. 1.2 Shématické znázornění zapichování [2].

1.3 Základní vztahy

1.3.1 Základní kinematika

Rotační pohyb obrobku při upichování a zapichování je hlavním pohybem, který je zároveň řeznou rychlostí. Ta je definovaná vztahem 1.1, vedlejší posuvný pohyb koná nástroj, který je definován vztahem 1.2. Výsledná rychlost řezného pohybu je dána vztahem 1.3 [3].

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} \quad (1.1)$$

$$v_f = f \cdot n \cdot 10^{-3} \quad (1.2)$$

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \quad (1.3)$$

kde:

D- průměr obráběné plochy [mm]

n- otáčky obrobku [min^{-1}]

f- posuv na otáčku obrobku [mm]

1.3.2 Průřez třísky a jeho rozměry

Vrstva materiálu, která má být odebrána pomocí ostří nástroje, se nazývá průřez třísky a je označován A_D . Ten je určen posuvem f a šířkou záběru ostří a_p , vypočte se dle vzorce 1.4, kde pro upichování a zapichování je úhel nastavení hlavního ostří $\kappa_r=0^\circ$ [3].

$$A_D = a_p \cdot f \text{ [mm}^2\text{]} \quad (1.4)$$

1.3.3 Řezné síly

Výsledným procesem působení silových soustav mezi nástrojem a obrobkem je realizovaný řezný proces. Celková síla vyvolaná tímto působením se označuje F . Uvažuje se, že vektor celkové síly F je umístěn v jednom bodu ostří nástroje D . Pro výpočet celkové řezné síly pomocí empirických vztahů se vychází z jejích jednotlivých složek F_c , F_p , F_f nebo se využije měrné řezné síly a průřezu třísky [2].

- výpočet celkové řezné síly

$$F_c = C_{Fc} \cdot a_p^{x_{Fc}} \cdot f^{y_{Fc}} \quad (1.5)$$

$$F_p = C_{Fp} \cdot a_p^{x_{Fp}} \cdot f^{y_{Fp}} \quad (1.6)$$

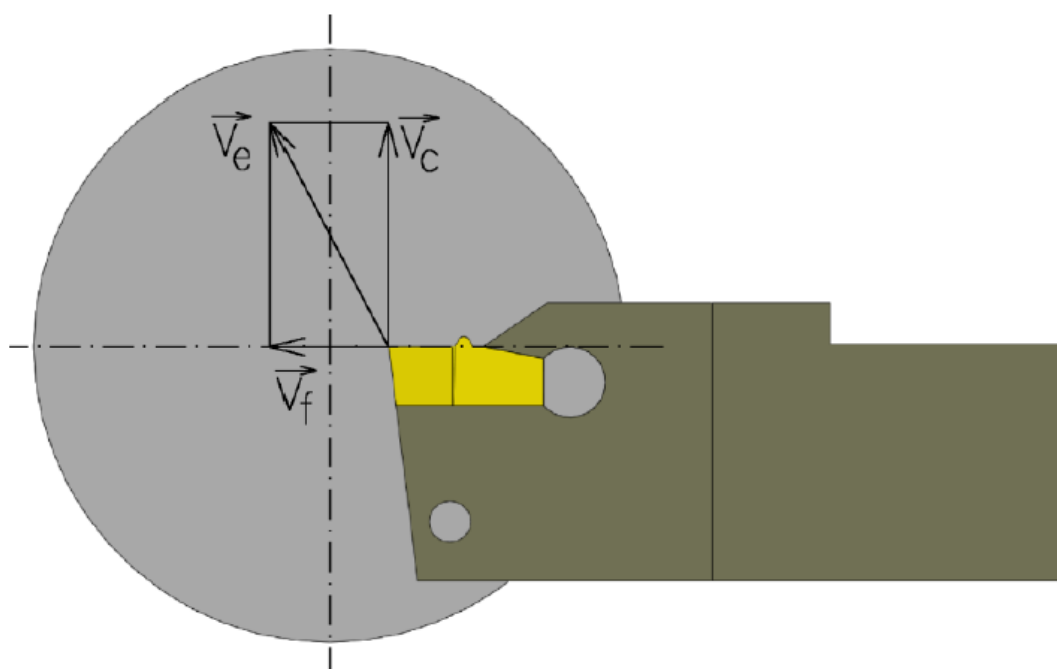
$$F_f = C_{Ff} \cdot a_p^{x_{Ff}} \cdot f^{y_{Ff}} \quad (1.7)$$

Kde:

F_c	[N]	řezná síla
F_p	[N]	pasivní síla
F_f	[N]	posuvná síla
C_{Fc}, C_{Fp}, C_{Ff}	[-]	materiálové konstanty
x_{Fc}, x_{Fp}, x_{Ff}	[-]	exponenty vlivu šířky záběru ostří a_p
y_{Fc}, y_{Fp}, y_{Ff}	[-]	exponenty vlivu posuvu f

Potom se výsledná síla vypočte:

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_p^2 + F_f^2} \text{ [N]} \quad (1.8)$$



Obr. 1.3 Rozložení složek celkové řezné síly [3].

- Výpočet řezné síly pomocí měrné řezné síly a průřezu třísky

$$F_c = k_c \cdot A_D \quad (1.9)$$

kde:

k_c [N.mm⁻²] měrná řezná síla

1.3.4 Práce a řezný výkon

Práce plastické deformace v oblasti tvoření třísky, práce tření třísky po čele nástroje, práce tření hřbetu nástroje po obrobené ploše a disperzní práce jsou zahrnuty v procesu řezné práce. Práce řezného procesu E_e se stanoví jako součet práce řezání E_c a práce posuvu E_f dle vzorce 1.12 [2,5].

$$E_c = F_c \cdot v_c \cdot t_p \quad (1.10)$$

$$E_f = F_f \cdot v_f \cdot t_p \quad (1.11)$$

$$E_e = E_c + E_f \quad (1.12)$$

$$E_e = (F_c \cdot v_c + F_f \cdot v_f) \cdot t_p \quad (1.13)$$

Řezný výkon P_c je určen součinitelem řezné síly F_c a řezné rychlosti V_c .

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{6 \cdot 10^4} [kW] \quad (1.14)$$

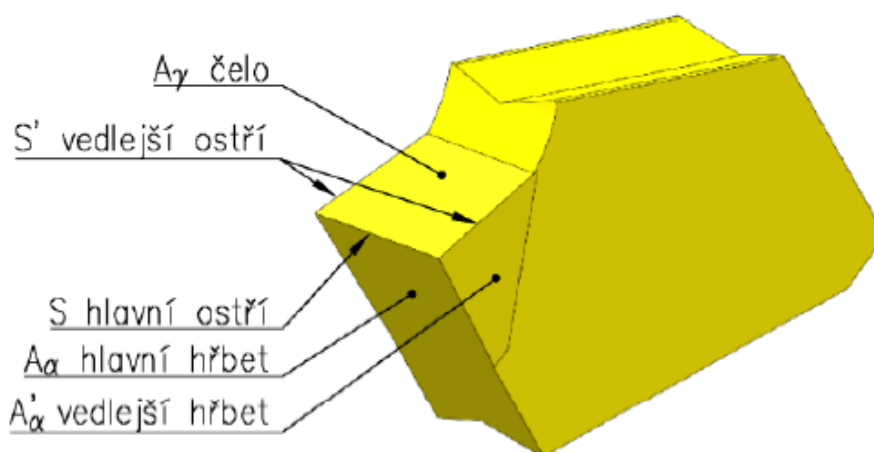
2 ZAPICHOVACÍ A UPICHOVACÍ VÝMĚNÉ BŘITOVÉ DESTIČKY

2.1 Geometrie VBD

Geometrie VBD je určena pomocí ploch a uhlů, ovlivňuje teplotu řezání, stabilitu procesu, trvanlivost nástroje, dále také řeznou sílu.

2.1.2 Základní plochy VBD

Čelo A_γ je plocha, po které odchází tříska. Na čele může být zhotoven utvařec třísky, který slouží k lámání nebo svinování třísky. Hlavní hřbet A_α směřuje k přechodové ploše, vedlejší hřbet A_α' směřuje k obrobené ploše. Ostří je prvek, kterým je vytvářen řezný proces. Hlavní ostří S složí k vytvoření přechodové plochy. Vedlejší ostří S' utváří dokončovací práci na obrobené ploše, nepodílí se však na vytvoření přechodové plochy [5].



Obr. 2.1 Základní plochy a ostří u VBD pro upichování zapichování [3].

2.1.3 Nástrojové úhly

Úhel čela γ_0 má zásadní vliv na mechanismus tvorby třísky, ovlivňuje velikost řezných sil a úroveň tepelného zatížení bříty.

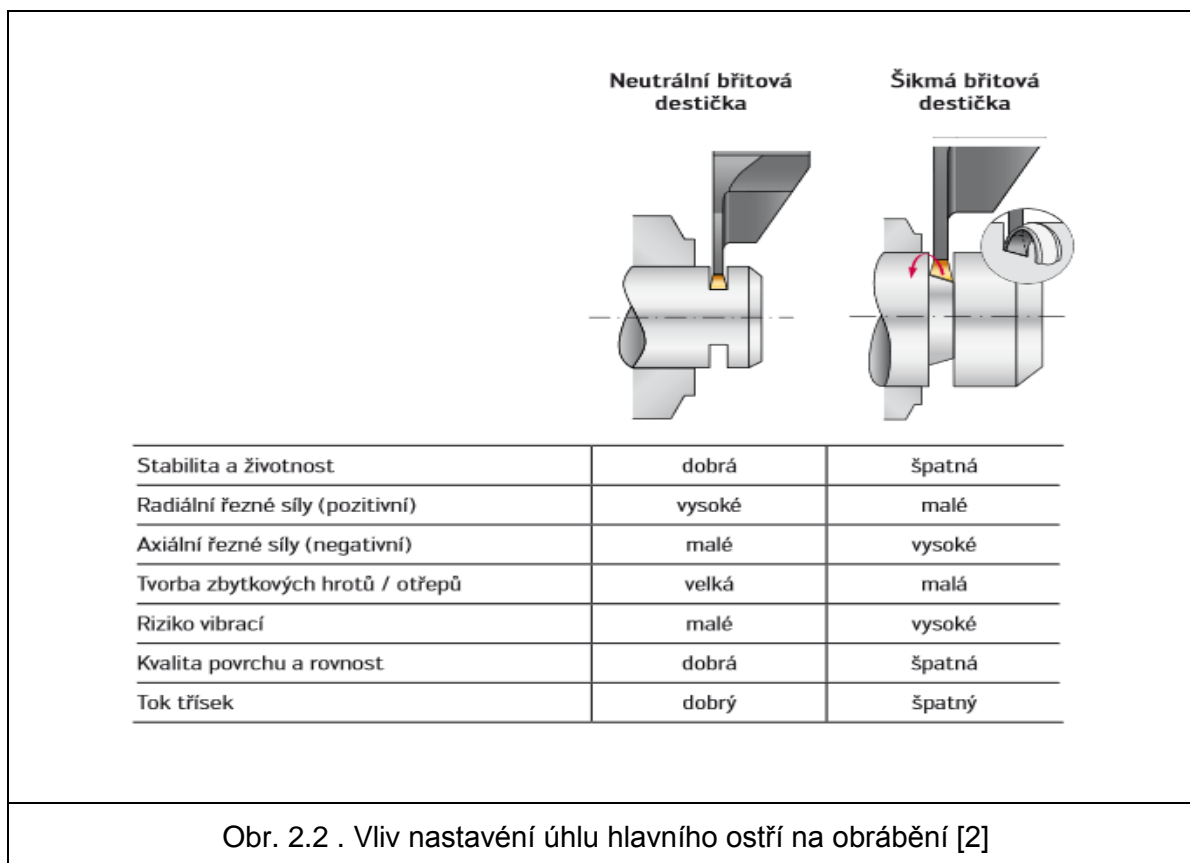
Úhel hřbetu α_0 ovlivňuje tření mezi plochou řezu a hřbetu nástroje, má vliv na tuhost bříty. Čím je větší, tím dochází k menšímu tření, čímž se zmenšuje opotřebení hřbetu.

Úhel nastavení hlavního ostří κ_r a vedlejšího ostří κ_r' . κ_r má vliv zejména na tvar třísky a na složky řezné síly. κ_r' ovlivňuje výslednou drsnost obrobeného povrchu.

Úhel sklonu hlavního ostří λ_s má vliv na tuhost nástroje, zatížení špičky ovlivňuje směr odchodu třísky. Při kladném úhlu je směr odchodu třísky od obrobené plochy, při záporném úhlu je směr do obrobené plochy.

Poloměr zaoblení špičky r_e výrazně ovlivňuje strukturu povrchu obrobku [5,3].

Břítové destičky pro zapichování se konstruují ve trojím provedení nastavení hlavního ostří: neutrální N, kde je úhel nastavení hlavního ostří 0° , pravořezné RH a levořezné LH, kde úhel nastavení hlavního ostří je několik stupňů. Na obr 2.2 je zobrazen vliv nastavení hlavního ostří na řezný proces.

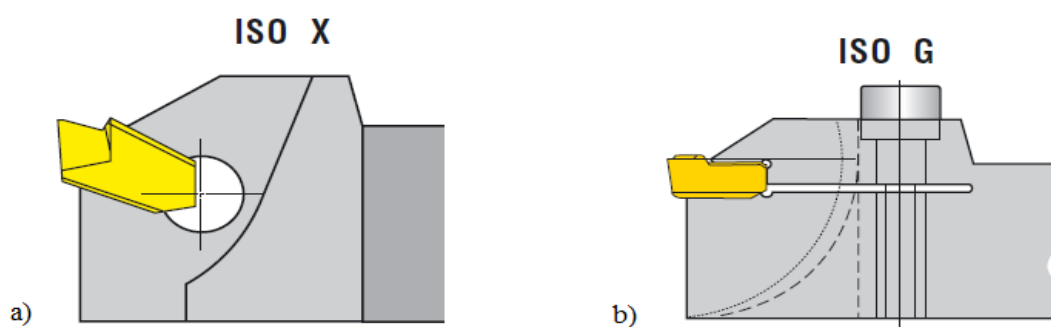


2.2 Geometrie Wiper

K rádiům rohu destičky přiléhají tangenciálně na obou stranách hladicí břity pod úhlem. Konstrukce hladicí geometrie břitu je kombinována s optimalizovaným utvářečem třísky zabezpečujícím její dokonalý odchod a vysokou stabilitu obrábění v celém rozsahu velikostí volených posuvů. Aplikace hladicí geometrie břitu zlepšuje nejen povrch obrobené plochy oproti klasickým geometriím, ale také výkon obrábění, přináší rovněž významné ekonomické úspory snížením vlastního času obrábění. Vyplývá to z možnosti dosažení vynikající kvality obrobeného povrchu, a to i při poměrně velkých posuvech.

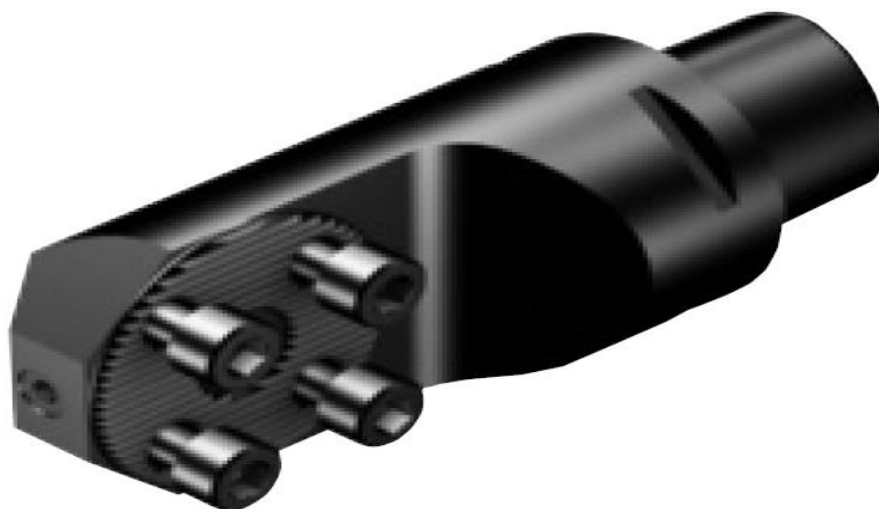
2.3 Systémy upínání VBD

Pro zapichování a upichování se používají dva normované systémy upínání. Jeden systém se realizuje upnutím VBD do samosvorného lůžka a označuje se X, další se realizuje dotlačováním VBD do lůžka pomocí upínky ze shora a označuje se G. Konstrukce od jednotlivých výrobců se může lišit.



Obr. 2.3 . Shéma upínání VBD od firmy Pramet tools: a) systém ISO X b) systém ISO G [6].

Dalším způsobem upínání je využití modulárního systému obr.2.4, kde se do nožového držáku upne nožová planžeta, ve které je upnuta VBD.



Obr. 2.3 .Adaptér Coromant Capto[®] CoroTurn[®] SL [7].

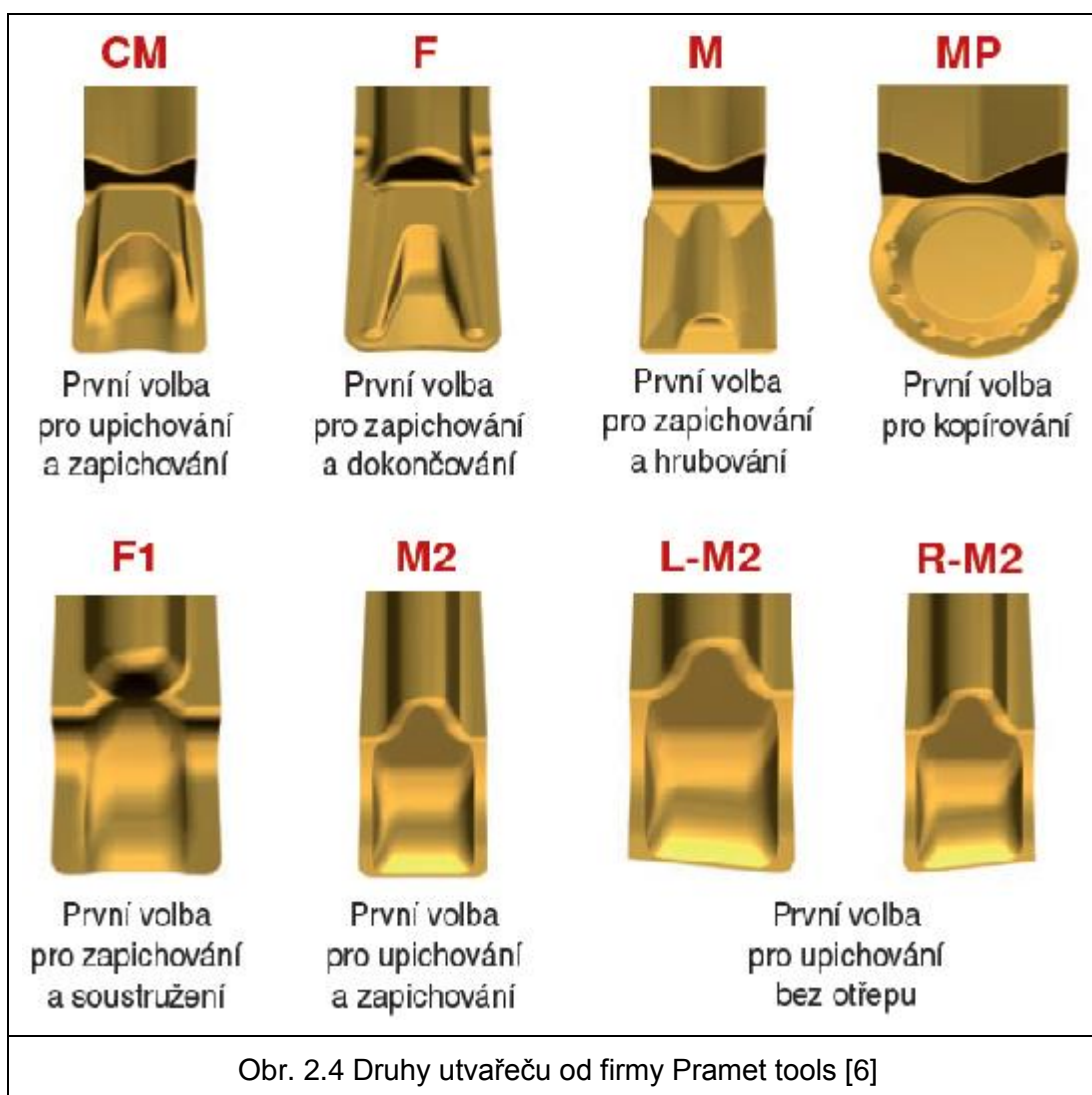
V příloze číslo je 1 jsou zobrazeny držáky pro upichování a zapichování od firmy Sandvik coromat.

2.4 Lamače třísek

Schopnost lámaní třísky při upichování a zapichování je omezena úzkým prostorem při posuvu nástroje do středu obrobku. V případě, kdy se tříska hromadí v tomto prostoru, může dojít k poškození povrchu obrobku a k jejímu zasekávání. To může způsobit zlomení

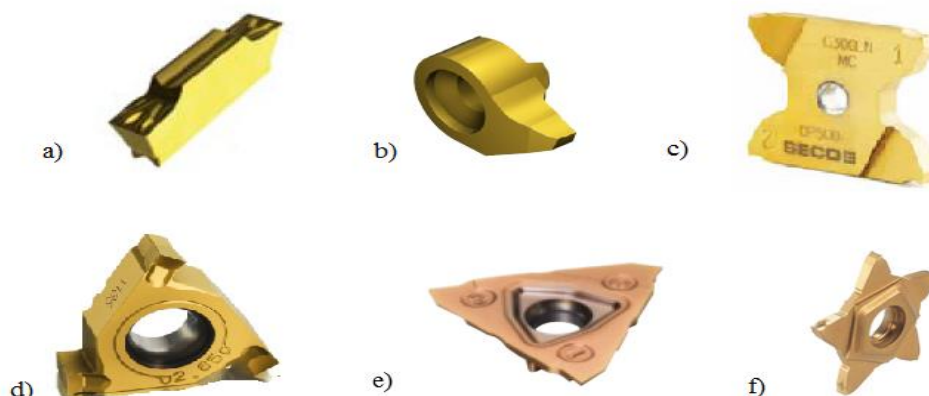
nástroje. Z tohoto důvodu je na čele VBD zhotovován utvařeč, jehož funkcí je zabezpečit hladký odvod třísky. Utvařeče jsou konstruovány tak, aby se třísky stáčely [1].

Konstrukce lamačů třísek se u jednotlivých výrobců liší. Firma Pramet tools nabízí různé typy optimalizovaných utvařečů na specifické operace pro VBD určené pro upichování a zapichování obr 2.4.



2.5 Tvary VBD

Základní tvar pro zapichovací a upichovací VBD je obdélníkový, podle normy ČSN ISO 1832 je označován jako L. Mohou mít také speciální tvar a označení tohoto tvaru v ISO kódu záleží na každém výrobcí, příklady tvarů od různých výrobců - viz obr. 2.5.



Obr. 2.5 Příklad tvarů VBD: a) obdelníková, b-f) speciální tvary

VBD od firmy Sadvik Coromant řady Corocut MB, její příklad je znázorněn na obr. 2. 5 b). Jsou to VBD s čelním upínáním, používají se pro přesné dokončovací obrábění s nízkými rychlostmi posuvu a s nízkými řeznými rychlostmi, výrobu mělkých drážek soustružení závitů, soustružení, zpětné vyvrtávání, čelní zapichování, tvarové obrábění a předupichování. Řezná hrana břitové destičky je velmi ostrá, je opatřena tenkou vrstvou povlaku a ve spojení s vysokou stabilitou nástrojů se proto ideálně hodí pro obrábění vnitřních ploch. Tento typ destiček se vyrábí v široké škále různých šířek a poloměrů zaoblení rohů u břitových destiček pro zapichování – také pro normalizované typy drážek, např. drážky pro O-kroužky nebo pro pojistné kroužky. Aplikační oblasti dle ISO P, M, N, S [8].

Řada CoroCut[®] 3, viz obr. 2.5 e), nabízí komplexní řešení pro výrobu úzkých přesných drážek a drážek pro pojistné kroužky. Představuje první volbu pro hospodárné upichování v hromadné výrobě - snížením šířky břitové destičky lze se systémem CoroCut 3 ušetřit kilometry materiálu. Vysoká hospodárnost destičky je dána díky jejím třem řezným hranám. VBD se vyrábí v geometriích a v nástrojových třídách pro obrábění všech materiálů ze skupin ISO P, M, K, a S. Používá se pro upichování materiálu s menším průměrem než 12 mm nebo tenkostěnných kroužků. Doporučená šířka zápichu 0.5 – 3.18 mm, hloubka řezu až 6.4 mm [9].

Vyrábí se s čtyřmi různými geometriemi:

- CM pro upichování s rychlostmi posuvu pohybujícími se ve střední oblasti
- CS pro upichování s extrémně nízkými rychlostmi posuvu
- GS pro přesné zapichování s nízkými rychlostmi posuvu
- RS pro tvarové obrábění a zapichování s nízkými rychlostmi posuvu

CoroThread[®] 254 , viz obr. 2.5 e), je určena pro náročné vnější a vnitřní zapichovací operace. Břitové destičky opatřené drážkou pevně dosedají na stabilizační vedení tvaru T v lůžku, které účinně brání jakýmkoliv pohybům břitové destičky způsobovaným změnou směru a velikosti působících řezných sil. Jsou konstruovány pro obrábění vnějších i vnitřních drážek a zapichování s nízkými až středními rychlostmi posuvů. Ostré břity umožňují dosažení vysoké kvality drážek. Tato koncepce je ideální pro řezání vnitřních a vnějších drážek o šířce 1.10-4.15 mm. Aplikační oblasti dle ISO: P, M, K, N, S [10].

Zapichovací a upichovací destičky PENTACUT od firmy ISCAR , viz obr. 2.5 f), se vyrábějí ve dvou variantách velikostí: 24 a 34 mm (opsaná kružnice). Šířka břitů je v rozmezí 0,5–3 mm pro PENTA 24 a od 1,5 do 4 mm pro PENTA 34. K dodání jsou varianty s břitem přímým i šikmým na pravou i levou stranu. Konstrukce vlastní hvězdice pětibřité destičky je řešena tak, že se při případném poškození odlomí vždy jen vlastní část břitu, ale pětihranný robustní základ destičky zůstává nepoškozen. Tak je skutečně možné využít všech pěti břitů, i kdyby zbyl třeba jen poslední neulomený břit. Přinášejí možnost aplikace při zapichování, čelním zapichování a upichování a také možnost podélného soustružení a srážení hran. Velmi tuhý systém upnutí zabezpečuje dokonalou rovinnost bočních ploch a dna zápichů. Tyto destičky jsou vhodné pro široký rozsah materiálů a řezných podmínek při zachování dobré drsnosti povrchu. Kombinace velmi tuhého systému upnutí a robustní destičky umožňuje obrábění při velmi vysokých parametrech. Vyrábí se s různými typy utvařečů pro široký rozsah materiálů a aplikací [11].

Typ VBD X4 od firmy SECO, viz obr. 2.5 c), nabízí užší řezné hrany v kombinaci s velkou řeznou hloubkou. Menší šířky břitů použité při upichování znamenají menší plýtvání materiálem a užší řezné hrany jsou také zásadní při zapichování a kopírování malých, složitých součástí. Zvláště výhodná je možnost kombinovat jeden držák se všemi dostupnými rozměry destiček, což zjednodušuje skladové hospodářství a zvyšuje flexibilitu. Sortiment produktů celkem zahrnuje šest velikostí řezné hrany od 0.5 do 3mm. Řezná hloubka sahá od 2.6 do 6.5mm a maximální průměr tyče pro upichování může být od Ø5.2 mm až do Ø13 mm, podle šířky destičky [12].

3 ŘEZNÉ MATERIÁLY PRO UPICHOVÁNÍ ZAPICHOVÁNÍ

V současné době je používán poměrně široký sortiment materiálů používaných pro výrobu řezných nástrojů. Pro operace upichování a zapichování se zejména používají slinuté karbidy (SK), polykrystalický nitrid bóru a polykrystalický diamant cermety ve formě výměnných břitových destiček (VBD).

3.1 Slinuté karbidy

SK mají z tvrdých nástrojových materiálů největší pevnost, hodí se pro obrábění vysokými posuvovými rychlostmi a pro těžké přerušované řezy. Nehodí se však pro vysoké řezné rychlosti. SK se rozdělují na nepovlakované a povlakované [13].

SK se vyrábějí pomocí práškové metalurgie. Tento proces je založen na lisování směsi tvrdých karbidických částic s práškem pojícího kovu. Následné slinování za vysokých teplot zajišťuje vznik kompaktního materiálu, jehož tvrdost se blíží výchozím karbidům. Pro výrobu se používá karbid wolframu (WC), který je základním prvkem SK, má vysokou tvrdost, odolnost proti opotřebení a chemickou stálost. Dále se také používá karbid titanu (TiC), který má vyšší stálost za vysokých teplot než WC, má však také vyšší křehkost. Rovněž se používá karbid tantalu (TaC), který zjemňuje strukturu a má vyšší odolnost proti opotřebení. Jako pojivo se používá kobalt (Co), s jeho rostoucím obsahem klesá tvrdost, zvyšuje se houževnatost a pevnost [13].

Slinuté karbidy se mohou také vyrábět jako funkčně gradientní. To znamená, že jádro a povrch budou mít jinou strukturu. Jádro je tvrdé, zatímco povrch má vyšší obsah pojiva se sníženým podílem zrn kubických karbidů, díky tomuto je houževnatější. Tato metoda je využívána u povlakovaných SK, kde po povlakování mohou vznikat mikrotrhliny, které se mohou rozšířit až do substrátu a takto způsobit destrukci nástroje. Tím, že povrchová vrstva substrátu má vyšší houževnatost, má i vyšší odolnost proti šíření trhlin [13].

Pro zvýšení trvanlivosti a řezného výkonu se SK povlakuje. Povlakování je nanášení tenké vrstvy materiálu s vysokou tvrdostí a s vynikající odolností proti opotřebení v řádu μm na podklad z SK. Povlak zabraňuje difuznímu opotřebení nástroje. Povlakování se rozděluje na dvě základní metody: PVD (fyzikální napařování) a CVD (chemické napařování z plynné fáze) [13].

3.2 Cermety

Cermet je řezný materiál, u kterého se místo karbidu wolframu používá převážně karbid titanu, nitrid titanu, karbonitrid titanu s niklovým nebo niklokobaltovým pojivem. Charakteristickou vlastností je nízká měrná hmotnost, ve srovnání s SK je tato hodnota zhruba poloviční. Je to dáno tím, že ve většině případech cermety neobsahují těžký karbid wolframu. Cermety jsou vhodné pro dokončovací obrábění [13].

Ve srovnání s běžnými slinutými karbidy má cermet vyšší odolnost vůči otěru a menší tendence k ulpívání materiálu obrobku na břitu. Na druhou stranu cermet má také nižší úroveň vnitřních tlakových pnutí a z toho důvodu i nižší odolnost proti vzniku tepelných trhlin. Za účelem zvýšení jejich odolnosti proti otěru je rovněž možné cermety povlakovat metodou PVD [14].

3.3 Řezná keramika

Tento řezný materiál má tyto charakteristické vlastnosti: nízkou měrnou hmotnost, vysokou tvrdost za vysokých teplot, chemickou stálost, odolnost proti opotřebení. Veškeré obráběcí nástroje využívající řeznou keramiku se vyznačují mimořádnou odolností proti otěru při použití vysokých řezných rychlostí. Mezi hlavní nedostatky řezné keramiky patří její nízká odolnost proti tepelným trhlinám a malá lomová houževnatost [13].

Oxidová keramika je na bázi oxidu hlinitého Al_2O_3 , používá se pro obrábění vysokými řeznými rychlostmi a nízkou posuvovou rychlostí z důvodu vysoké tvrdosti za tepla, termochemické odolnosti, ale nízké houževnatosti [13]. Dělí se na:

- čistou Al_2O_3
- polosměsná $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$, $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2+\text{CoO}$
- směsná $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiC}$, $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2+\text{TiC}$, $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiC}+\text{TiN}$

Nitridová keramika je na bázi nitridu křemíku Si_3N_4 , $\text{Si}_3\text{N}_4+\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{Si}_3\text{N}_4+\text{TiN}$; sialony. Má vyšší houževnatost, proto umožňuje použití vyšších posuvových rychlostí než Al_2O_3 [3].

Téměř všechny druhy řezné keramiky lze v současné době vyrábět ve formě s vyztužujícími vlákny, whiskery SiC nebo Si_3N_4 a s otěruvzdornými CVD nebo PVD povlaky [13].

3.4 Super tvrdé řezné materiály

Polykrystalický kubický nitrid bóru, PKNB, je materiál s mimořádně vysokou tvrdostí za tepla, který lze používat při velmi vysokých řezných rychlostech. Vyznačuje se také velmi dobrou houževnatostí a odolností proti tepelným rázům. PKNB třídy se používají zejména pro dokončovací soustružení tvrzených ocelí o tvrdosti nad 45 HRC. Nad hodnotou 55 HRC je PKNB jediným nástrojovým materiálem, který může nahradit tradičně používané metody broušení. Měkčí oceli, pod 45 HRC, obsahují vyšší množství feritu, který má negativní vliv na odolnost PKNB proti otěru. PKNB umožňuje použití také pro vysokorychlostní hrubování šedé litiny při soustružnických i frézovacích operacích [15].

Polykrystalický diamant PCD se skládá z diamantových částic slinutých dohromady pomocí kovového pojiva. Diamant je nejtvrdší, a tudíž proti otěru nejodolnější ze všech materiálů. Jako nástrojový materiál má velmi dobrou odolnost proti otěru, ale postrádá chemickou stabilitu za zvýšených teplot a má vysokou afinitu k železu. Použití nástrojů z PCD je omezeno na neželezné materiály, jako například slitiny hliníku s vysokým obsahem křemíku, kompozity s kovovou maticí a plasty vyztužené uhlíkovými vlákny. S dostatečně bohatým přívodem řezné kapaliny lze použít PCD také pro velmi jemné dokončovací operace (superfinišování) v titanu [16].

. Popis vlastností jednotlivých tříd materiálů od firmy Iscar je uveden v příloze č2.

4 PRODUKTIVITA

Produktivita je hodnocení obrábění počtem výrobků za jednotku času nebo délkou času potřebnou k vyrobení jednoho kusu. Na produktivitu obrábění a kvalitu obrobenej plochy má vliv zejména řezná rychlost, posuv a hloubka řezu dále také životnost nástroje.

Pro zvýšení životnosti nástroje výrobci vyvíjejí nástroje s přívodem vysokotlaké řezné kapaliny. Silný proud kapaliny vycházející z trysky vyvíjí tlak na třísku, prudce ji ochlazuje a chrání tak břit před termálními šoky. Při efektivním odvodu tepla tlakem kapaliny se tříska stává méně tvárnou a snadněji se odlamuje. Za vysoký tlak je považováno rozmezí 30-120 barů. Použití nástrojů s přívodem vysokotlaké kapaliny při upichování a zapichování usnadňuje odvod třísky a také použití vyšší řezné rychlosti [11].

Řezné parametry pro upichovací a zapichovací nástroje se v jistém ohledu liší. Jestliže jsou otáčky vřetene konstantní, při upichování se sníží řezná rychlost na nulu při dosažení středu obrobku nástrojem. Toto zpomalení řezné rychlosti způsobuje velké zatížení nástroji a rovněž může způsobit tvorbu nárůstků na řezné hraně nástroje. Z tohoto důvodu by měla být řezná rychlost snížena až o 70 procent [11].

ISO P		Ocel	Měrná řezná síla K_{r1}	Tvrdost podle Brinella	<<<< ODOLNOST PROTI OPOTŘEBENÍ		
					CT525	GC3115	GC4325
					h_{max} mm = posuv f_s mm/ot		
č. MC	č. CMC	Material	N/mm ²	HB	Rezná rychlost (v_c), m/min		
P1.1.Z.AN	01.1	Nelegovaná ocel	1500	125	235-170	355-185	340-180
P1.2.Z.AN	01.2	C = 0,1-0,25 %	1600	150	220-155	330-140	315-140
P1.3.Z.AN	01.3	C = 0,25-0,55 % C = 0,55-0,80 %	1700	170	210-145	300-125	290-120
P2.1.Z.AN	02.1	Nízkolegovaná ≤5%					
P2.5.Z.HT	02.2	Nezúšlechťená	1700	180	205-145	290-135	280-130
P2.5.Z.HT	02.2	Kalená a popuštěná ocel	1850	275	185-120	270-105	265-100
P2.5.Z.HT	02.2	Kalená a popuštěná ocel	2050	350	150-100	220-85	215-80
P3.0.Z.AN	03.11	Vysokolegovaná >5%					
P3.0.Z.HT	03.21	Žhnaná	1950	200	130-100	260-115	255-105
P3.0.Z.HT	03.21	Zúšlechťená nástrojová ocel	3000	325	80-55	205-75	195-75
P1.5.C.UT	06.1	Ocel na odřátky					
P2.6.C.UT	06.2	Nelegovaná ocel	1550	180	150-100	175-75	165-70
P3.0.C.UT	06.3	Nízkolegovaná (legury ≤5%)	1600	200	135-85	200-90	190-85
P3.0.C.UT	06.3	Vysokolegovaná (legury >5%)	2050	225	115-70	160-75	130-95
P3.2.C.AQ	06.33	Manganová ocel, 12-14% Mn	2900	250	75-50	90-50	85-45
HOUŽEVNATOST >>>>							
GC1115		GC1125	GC1025	GC1135	GC1145	GC235	
0.05-0.5		0.05-0.5	0.05-0.5	0.05-0.5	0.05-0.5	0.05-0.5	
380-180		295-145	235-115	205-100	200-100	165-130	
325-145		265-115	210-90	180-75	185-75	150-120	
290-130		235-105	185-85	175-70	175-70	140-105	
290-135		235-110	185-85	175-80	180-85	140-110	
250-115		205-95	165-75	155-70	165-70	120-85	
200-95		165-75	135-60	125-55	130-55	95-70	
255-115		205-95	170-75	155-70	160-75	70-60	
185-75		150-65	120-50	105-45	105-45	45-33	
-		135-65	110-55	105-50	110-50	100-70	
-		160-85	130-65	120-60	125-65	90-55	
-		120-50	80-45	90-40	85-38	80-45	
-		70-40	55-30	50-29	-	100-80	

Obr. 4.1 Doporučené řezné rychlosti pro upichování a zapichování pro skupinu materiálů P od firmy Sandvik coromant[7].

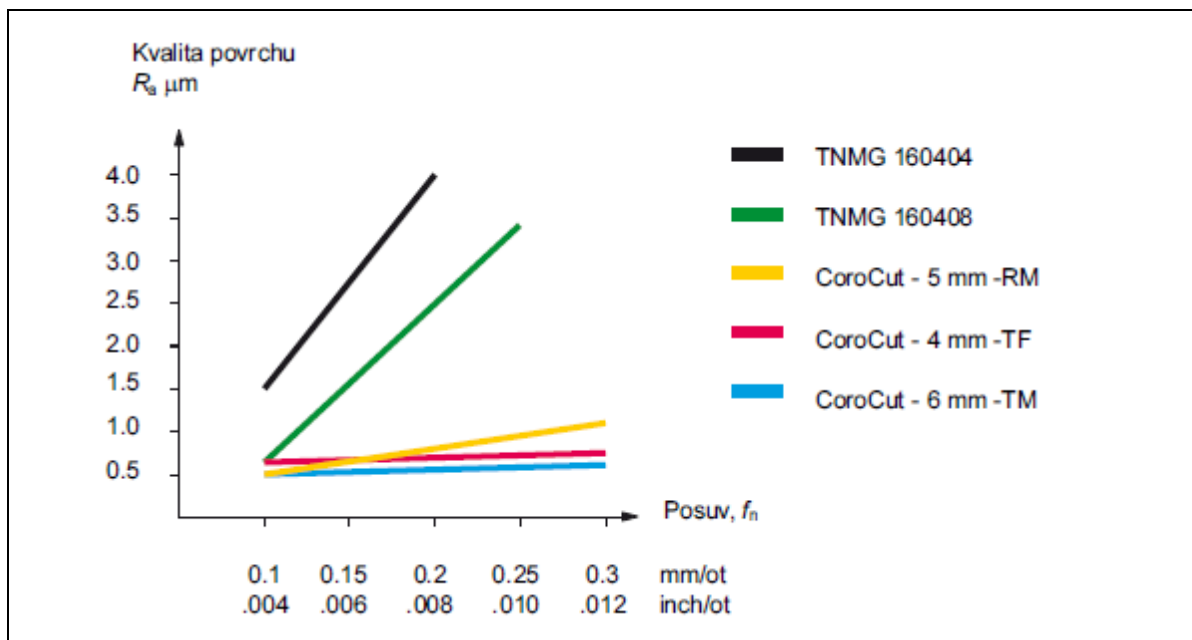
Přehled doporučených řezných rychlostí je uveden v příloze 3.

4.1 Kvalita opracování povrchu

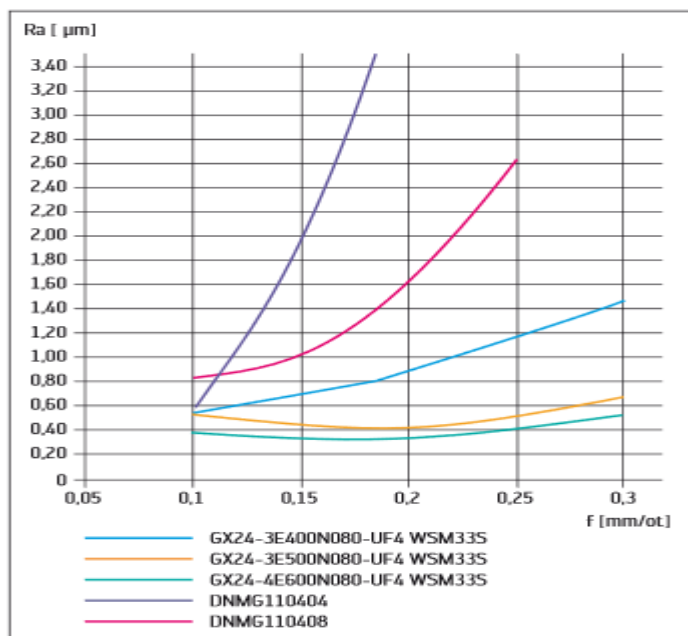
Pro současnou praxi je rozhodující technicky známý a výrobou ověřený parametr drsnosti R_a . Je to parametr profilu drsnosti povrchu ve směru výšky. Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu R_a je aritmetický průměr absolutních hodnot souřadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky l_r . Tuto definici je možno vyjádřit rovnicí 4.1 [17].

$$R_a = \frac{l}{l_r} \int_0^{l_r} |Z(x)| dx \quad (4.1)$$

Dosahovaná kvalita povrchu při drážkování zapichovací VBD s využitím efektu Wiper oproti klasickému ISO soustružení je uvedena na obr 4.1 a 4.2.



Obr. 4.2 Dosahované drsnosti povrchu při soustružení s VBD pro zapichování a upichování od firmy Sandvik coromant[7].



Obr. 4.3 Dosahované drnosti povrchu při soustružení s VBD pro zapichování a upichování od firmy Walter tools [2].

5 ZÁVĚR

Upichovací a zapichovací aplikace patří mezi důležité soustružnické operace. Jsou charakteristické omezenou řeznou zónou, proto je velice důležitá volba řezných podmínek a geometrie obráběcího nástroje. Pro řízení odvodu třísky byly výrobci vyvinuty utvařeče, které usnadňují odvod třísky. Dalším způsobem zlepšení odvodu třísky je přívod vysokotlaké řezné kapaliny do oblasti řezu. Vysokotlaká řezná kapalina taktéž přispívá k prodloužení životnosti nástroje a umožňuje zvýšení řezné rychlosti. Vývoj řezných materiálů umožňuje vyšší řezné rychlosti a posuvy. VBD s více břity zvyšují hospodárnost výroby. Možnost použití zapichovacích VBD pro podélné soustružení dovoluje snížit čas potřebný na výměnu nástroje. Tyto aspekty vedou ke zvýšení produktivity upichování a zapichování.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Průručka obrábění: kniha pro praktiky*. 1. české vyd. Překlad Miroslav Kudela. Praha: Scientia, c1997, 1 sv. (různé stránkování). ISBN 91-972-2994-6.
2. Walter tools, s.r.o. *Walter cut - prostě zapichování a upichování* [online]. 2014, 80 s., 2015 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: <http://www.walter-tools.com/SiteCollectionDocuments/downloads/global/manuals/cs-cz/handbook-easy-grooving-cz.pdf>
3. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: CERM, 2005, 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
4. AXMANOVÁ, Hana. *Moderní řezné nástroje pro zapichování a upichování*. Brno 2013. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 61 s., 2 přílohy. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Píška, CSc
5. HUMÁR, Anton. *Technologie I : Technologie obrábění - I. část*. 1. vyd. Brno : Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 2003. 138 s. Dostupné z WWW: <http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TI_TO-1cast.pdf>...5
6. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Soustružení 2014* [online]. 2014, 399 s., © Copyright Pramet 2015 [cit. 2015-01-26]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/cz/ke-stazeni.html>.
7. *Sandvic coromant* [online]. 2015 [cit. 2015-20-05]. Katalog Upichování a zapichování 2015. Dostupné z: http://sandvik.ecbook.se/SE/cs/Parting_and_Grooving/
8. SANDVIC COROMANT - SANDVIC CZ, s.r.o.: CoroCut MB[online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corocut_mb/pages/default.aspx
9. SANDVIC COROMANT - SANDVIC CZ, s.r.o.: CoroCUT 3[online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corocut_3/pages/default.aspx
10. SANDVIC COROMANT - SANDVIC CZ, s.r.o.: CoroThread 254[online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corothread_254/Pages/default.aspx

11. ISCAR ČR, s.r.o. *Nástroje pro zapichování* [online]. 2015, 412 s., © ISCAR LTD 2015 [cit. 2015-05-210]. Dostupné z: http://www.iscar.cz/Catalogs/zip/CMS%20Catalogs/ZAPICHOVANI_ISCAR.pdf
12. *Seco tools* [online]. 2015 [cit. 2015-20-05]. Katalog Soustružení 2015. Dostupné z: [https://www.secotools.com/CorpWeb/Czech%20Republic/katalogy/2015/CZ_Catalog_Turning_2015_LR.pdf /](https://www.secotools.com/CorpWeb/Czech%20Republic/katalogy/2015/CZ_Catalog_Turning_2015_LR.pdf/)
13. HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
14. SANDVIC COROMANT - SANDVIC CZ, s.r.o.: Cermet[online]. [cit. 2015-04- 26]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/cermet/pages/default.aspx
15. SANDVIC COROMANT - SANDVIC CZ, s.r.o.: Polykrystalický kubickýnitrid bóru[online]. [cit. 2015-04- 26]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/polycrystalline_cubic_boron_nitride /pages/default.aspx
16. SANDVIC COROMANT - SANDVIC CZ, s.r.o.: Polykrystalický diamant [online]. [cit. 2015-04-26]. http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/polycrystalline_diamond/pages/default.aspx
17. SVOBODA, Pavel. *Základy konstruování*. Vyd. 4. Brno: CERM, 2011, 234 s. ISBN 978-80-7204-750-5.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A_D	$[mm^2]$	plocha průřezu třísky
A_α	$[-]$	hlavní hřbet nástroje
$A_{\alpha'}$	$[-]$	vedlejší hřbet nástroje
A_γ	$[-]$	čelo nástroje
C_{Fc}, F_{Ff}, C_{Fd}	$[-]$	materiálové konstanty
D	$[mm]$	průměr obrobku
E_c	$[J]$	práce řezání
E_e	$[J]$	práce řezného procesu
E_f	$[J]$	práce posuvu
F	$[N]$	celková síla
F_c	$[N]$	řezná síla
F_t	$[N]$	posuvová síla
F_p	$[N]$	pasivní síla
P_c	$[kW]$	řezný výkon
Re	$[Mpa]$	mez kluzu
R_m	$[MPa]$	střední mez pevnosti
S	$[-]$	hlavní ostří
S'	$[-]$	vedlejší ostří
a_p	$[mm]$	šířka záběru hlavního ostří
f	$[mm]$	posuv na otáčku
k_c	$[MPa]$	měrný řezný odpor
n	$[min^{-1}]$	otáčky obrobku
r	$[mm]$	poloměr zaoblení břitu nástroje
t	$[s]$	čas řezného procesu
v_c	$[m \cdot min^{-1}]$	řezná rychlost
v_e	$[m \cdot min^{-1}]$	celková řezná rychlost
v_f	$[m \cdot min^{-1}]$	posuvová rychlost
X_{Fc}, X_{Ff}, X_{Fd}	$[-]$	exponenty vlivu šířky záběru a_p
Y_{Fc}, Y_{Ff}, Y_{Fd}	$[-]$	exponenty vlivu posuvu
α_o	$[^\circ]$	ortogonální úhel hřbetu
β_o	$[^\circ]$	ortogonální úhel břitu

γ_0	[°]	ortogonální úhel čela
ε	[°]	úhel špičky
HRC	[-]	tvrdost podle Rockwela
PCD	[-]	polykrystalický diamant
PKNB	[-]	polykrystalický nitrid bóru
CVD	[-]	chemical vapor deposition
PVD	[-]	physical vapor deposition
SK	[-]	slinutý karbid
VBD	[-]	výměnná břitová destička

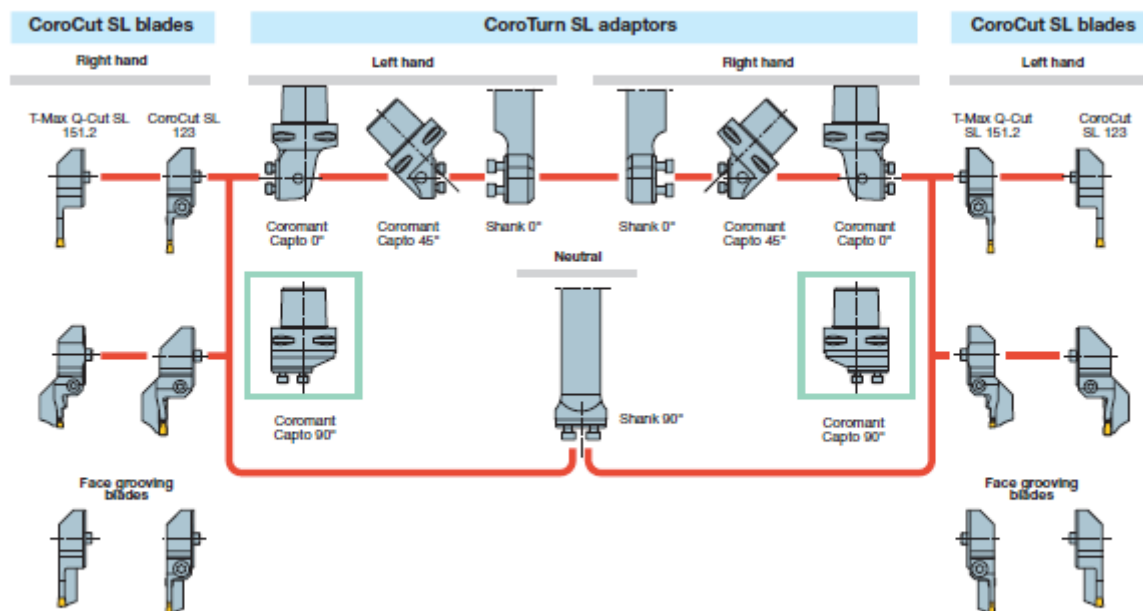
SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Přehled používaných držáků pro upichování a zapichování od firmy Sandvik coromant
- Příloha 2 Vlastnosti materiálových tříd pro upichování a zapichování od firmy Iscar
- Příloha 3 Doporučené řezné podmínky pro upichování a zapichování od firmy Walter tools

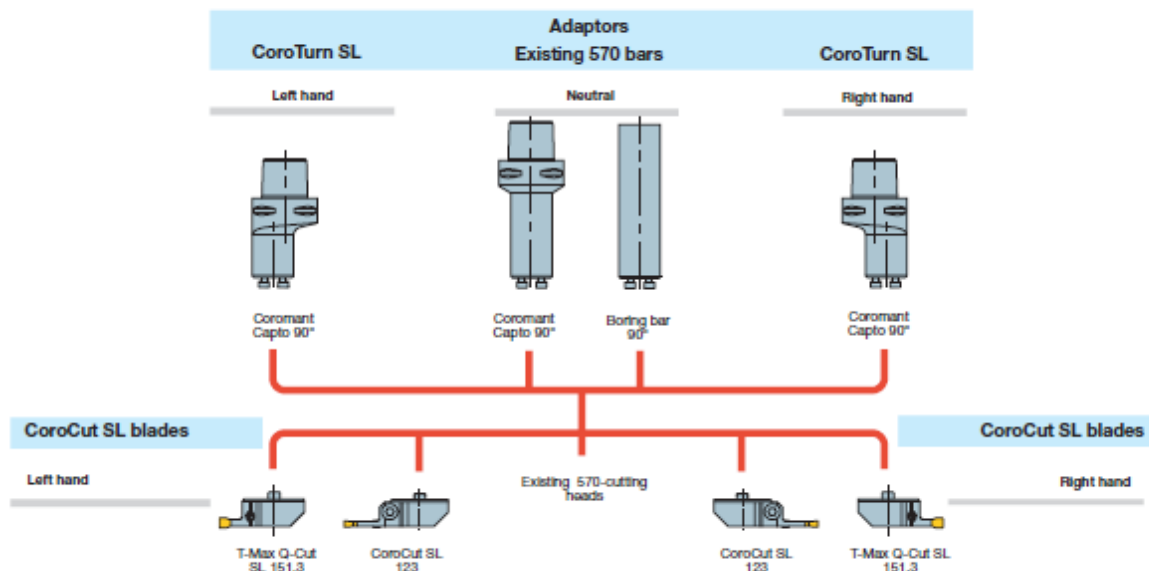
PŘÍLOHA 1

Přehled používaných držáku pro upichování a zapichování od firmy Sandvik coromant

CoroCut SL - external machining



CoroCut SL - internal machining



PŘÍLOHA 2 Vlastnosti materiálových tříd pro upichování a zapichování od firmy Iscar [11]

Jakosti karbidů ISCAR


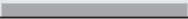




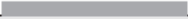

Jakost karbidu	ISO	Vrstvy povlaků
IC228	P25-P50 S25-S30 K20-K50 M30-M40	
IC328	P25-P50 M30-M40 S25-S30	
IC354	P20-P40 M10-M30	
IC528	P25-P45	
S.T. IC806	S15-S25	
S.T. IC807 IC907	P10-P30 M05-M20 S05-S20 H05-H15	
S.T. IC808 IC908	P15-P30 M20-M30 K20-K40 S05-S20 H05-H15	
S.T. IC830 IC928	P20-P50 M20-M30 K15-K40 S15-S40	
IC1008	P20-P50 M20-M40 K15-K40 H20-H30	
IC418	K10-K25	
IC428	K05-K20 P05-P15 H15-H25	
S.T. IC5010	K10-K25	
S.T. IC8250	P10-P35 M05-M20	












Jakosti karbidů ISCAR

	UPÍCHOVÁNÍ	ZAPÍCHOVÁNÍ	CELNÍ OPERACE
Doporučené aplikace			
Houževnatý karbid s TiN PVD povlakem. Vhodný pro zapichování a závitování na širokém rozsahu materiálů při nízkých řezných rychlostech.		■	
Houževnatý karbid s TiN/TiCN PVD povlakem. Vhodný pro frézování, zapichování, upichování a vrtání širokého rozsahu materiálů při nízkých až středních řezných rychlostech.	■		
Houževnatý karbid s TiN/TiCN PVD povlakem. Vhodný pro všeobecné aplikace upichování a zapichování uhlíkové, legované a nerez oceli při středních až vysokých řezných rychlostech.	■	■	■
Houževnatý submikronový substrát s TiN/TiCN/TiN PVD povlakem. Vhodný pro zapichování a vrtání širokého rozsahu materiálů obrobku při nízkých až středních řezných rychlostech.		■	
Houževnatý submikronový substrát s TiAlN PVD povlakem se speciální povrchovou úpravou SUMOTEC. Vhodný pro soustružení incoelů při nízkých až středních řezných rychlostech.		■	
Houževnatý submikronový substrát s TiAlN PVD povlakem. Vhodné pro soustružení žáruvzdorných slitin, austenitických nerez ocelí a kalených ocelí při nízkých až středních řezných rychlostech.	■	■	
Houževnatý submikronový substrát s TiAlN PVD povlakem. Vhodný pro obrábění žáruvzdorných slitin, austenitických nerez ocelí, tvrdých slitin a uhlíkové oceli při středních až vysokých řezných rychlostech. Pro přerušovaný řez a nepříznivé podmínky obrábění. Dobrá odolnost proti tvorbě nárustku a vrubovému opotřebení.	■	■	■
Houževnatý karbid s TiAlN PVD povlakem. Vhodný pro frézování nerez ocelí, vysokoteplotních slitin a různých slitin oceli. Doporučeno pro přerušovaný řez a těžké podmínky.	■	■	■
Houževnatý submikronový substrát s TiAlN/TiN PVD povlakem. Vhodné pro upichování a zapichování vysokoteplotních slitin, nerez a kalených ocelí při nízkých až středních řezných rychlostech. Také vhodné pro přerušovaný řez.		■	
Karbid s vícevrstevným TiC/Al ₂ O ₃ CVD povlakem. Vhodné pro zapichování a soustružení šedé a nodulární litiny při středních až vysokých řezných rychlostech. Lze použít i pro přerušované řezy a těžké obrábění.		■	
Karbid s vícevrstevným TiC/Al ₂ O ₃ CVD povlakem. Vhodné pro zapichování a soustružení šedé a nodulární litiny při středních až vysokých řezných rychlostech.	■	■	■
Karbid s vícevrstevným TiC/Al ₂ O ₃ /TiN CVD povlakem. Vhodné pro soustružení šedé a nodulární litiny při středních až vysokých řezných rychlostech.		■	■
Velmi houževnatý karbid s vrstvou obohacenou o kobalt v kombinaci s MTCVD TiCN a silnou vrstvou alpha Al ₂ O ₃ CVD povlakem. Doporučeno pro všeobecné obrábění ocelí a široký rozsah řezných podmínek. Velmi odolný proti opotřebení.		■	■

■ Standard ■ Semi-standard

Jakosti karbidů ISCAR

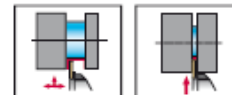
Jakost karbidu	ISO	Vrstvy povlaků
IC20N	P05-P25 M05-M15	
IC30N	P10-P30 M10-M30 H10-H25	
IC08	M10-M30 N10-N25 S10-S30	
IC20	M10-M30 K10-K20 N05-N25 S05-S20 H05-H15	
IB05S	S05	
IB50	K01-K10 H01-H10	
IB55	K05-K15 H10-H25	
ID5	N01-N10	





Doporučené aplikace	UPÍCHOVÁNÍ	ZAPÍCHOVÁNÍ	CELNÍ OPERACE
Cermet. Vhodný pro zapichování a soustružení. Doporučen pro polodokončování a dokončování s požadavkem dobré drsnosti konečného povrchu. Odolný proti otěru a tvorbě nárůstku.			
Cermet s velmi dobrou odolností proti otěru a plastické deformaci při vysokých řezných rychlostech a středních posuvech. Vhodný pro soustružení a frézování při polodokončovacích a dokončovacích operacích.			
Nepovlakovaný karbid s jemným substrátem. Vhodný pro nerez ocel a vysokoteplotní slitiny při nízkých až středních řezných rychlostech.			
Nepovlakovaný karbid vhodný pro polodokončování, dokončování a polohrubování hliníku, litiny a nerez oceli. Použití při nízkých až středních řezných rychlostech a posuvech.			
Velmi jemný substrát PCBN s vysokým obsahem CBN pro obrábění feritických sinterovaných kovů.			
Pájený břit s 50% CBN pro dokončovací operace na kalených ocelích (45-65 HRC) a nodulárních litinách bez přerušovaného řezu.			
Pájený břit s 55% CBN pro dokončovací operace na kalených ocelích (45-65 HRC) bez přerušovaného řezu.			
Pájený břit s PCD vhodný pro obrábění hliníku (Si < 12%), slitin mědi a všeobecné obrábění neželezných materiálů.			

PŘÍLOHA 3

Doporučené řezné podmínky pro upichování a zapichování od firmy Walter tools [3]

Řezné parametry pro Walter Cut



Materiálová skupina	<div> = řezné parametry pro obrábění za mokra  = je možné obrábění za sucha</div>			Čtení hlavních skupin materiálů a identifikačních písmen			Tvrdość podle Brinella HB	Pevnost v tahu R_m N/mm ²	Obráběcí skupina ¹			Typy řezného materiálu		
												Základní hodnoty pro řeznou rychlost v_c [m/min]		
												HC		
												WSM13S	WSM23S	
P	Nělegovaná ocel	C ≤ 0,25 %	žhaná	125	428	P1	●●	●	200	190				
		C > 0,25 ... ≤ 0,55 %	žhaná	190	639	P2	●●	●	180	170				
		C > 0,25 ... ≤ 0,55 %	zušlechtěná	210	708	P3	●●	●	170	160				
		C > 0,55 %	žhaná	190	639	P4	●●	●	190	180				
		C > 0,55 %	zušlechtěná	300	1013	P5	●●	●	160	150				
		automatová ocel (s krátkou třískou)	žhaná	220	745	P6	●●	●	190	180				
	Nízkolegovaná ocel	žhaná		175	591	P7	●●	●	190	180				
		zušlechtěná		300	1013	P8	●●	●	160	150				
		zušlechtěná		180	1282	P9	●●	●	160	150				
		zušlechtěná		430	1477	P10	●●	●						
	Vysokolegovaná ocel a vysokolegovaná nástrojová ocel	žhaná		200	675	P11	●●	●	140	130				
		kalená a popouštěná		300	1013	P12	●●	●	120	110				
		kalená a popouštěná		400	1361	P13	●●	●						
	Nerezová ocel	feritická/martenzitická, žhaná		200	675	P14	●●	●	190	180				
		martenzitická, zušlechtěná		330	1114	P15	●●	●	120	100				
M	Nerezová ocel	austenitická, prudce zchlazená		200	675	M1	●●	●	190	170				
		austenitická, disperzně kalená (PH)		300	1013	M2	●●	●	120	100				
		austenitická-feritická, Duplex		230	778	M3	●●	●	170	150				
		feritická		200	675	K1	●●	●	190	180				
K	Temperovaná litina	perlitická		260	867	K2	●●	●	170	160				
		nízká pevnost		180	602	K3	●●	●	220	210				
	Šedá litina	vysoká pevnost / austenitická		245	825	K4	●●	●	180	170				
		feritická		155	518	K5	●●	●	220	210				
	Litina s kulířkovým grafitem	perlitická		265	885	K6	●●	●	180	170				
		GGV (CGI)		200	675	K7	●●	●						
N	Hliníkové slitiny k tváření	nevytvrditelné		30	–	N1	●●	●						
		vytvrditelné, vytvrzené		100	343	N2	●●	●						
	Hliníkové sítvárenské slitiny	≤ 12 % Si, nevytvrditelné		75	260	N3	●●	●						
		≤ 12 % Si, vytvrzené		90	314	N4	●●	●						
		> 12 % Si, nevytvrditelné		130	447	N5								
	Hliníkové slitiny			70	250	N6								
				100	343	N7	●●	●						
	Měď a slitiny mědi (bronz/mosaz)	mosaz, bronz, červený bronz		90	314	N8	●●	●						
		slitiny Cu, s krátkou třískou		110	362	N9	●●	●						
		vysokopevnostní, Ampco		300	1013	N10								
S	Teplotně odolné slitiny	na bázi železa	žhaná		200	675	S1	●●	●	110	100			
			vytvrděné		280	943	S2	●●	●	60	50			
			žhaná		250	839	S3	●●	●	90	80			
		na bázi Ni nebo Co	vytvrděné		350	1177	S4	●●	●	80	70			
			odlévané		320	1076	S5	●●	●	80	70			
	Titanové slitiny	čistý titan		200	675	S6	●●	●	160	150				
		slitiny α a β, vytvrzené		375	1262	S7	●●	●	45	40				
	Slitiny β			410	1396	S8	●●	●	35	30				
		Wolframové slitiny			300	1013	S9							
Molybdenové slitiny				300	1013	S10								
	H	Kalená ocel	kalená a popouštěná		50 HRC	–	H1							
kalená a popouštěná				55 HRC	–	H2								
kalená a popouštěná				60 HRC	–	H3								
Twzaná litina		kalená a popouštěná		55 HRC	–	H4								
O	Termoplasty	bez abrazivních pln				O1								
		bez abrazivních pln				O2								
		Plastvyztužený skleněnými vlákny	GFRP			O3								
		Plastvyztužený uhlíkovými vlákny	CFRP			O4								
		Plastvyztužený aramidovými vlákny	ARRP			O5								
		Grafit (technický)		80 Shore		O6								

- Doporučené použití (uvedené řezné parametry platí jako výchozí hodnoty pro doporučené použití)
- Možné použití

¹Přřazení obráběcích skupin najdete v Kompletním katalogu Walter 2012 od strany H 8.

Type techného materiálu

Výchozí hodnoty
pro řeznou rychlost v_c [m/min]

[illegible]

HC = povlakovaný slinutý korbid
HW = nepovlakovaný slinutý korbid

Zadané tečné parametry jsou střední orientační hodnoty.
Doporučujeme přezkoušení ve speciálních případech použití.